نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۶۶۸-۶۵۳

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.4, Winter 2022, p. 653-668

مقاله پژوهشی

بررسی روابط بین نژادهای بومی گندم نان از خاستگاه‌های جغرافیایی سراسر ایران تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم

حسین حاتم‌زاده[1]، صابر گلکاری[2*]، ایرج برنوسی[3]، رضا محمدی[4] و سوک وایندر سینگ[5]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۱۰/۱۰

حاتم‌زاده، ح.، گلکاری، ص.، برنوسی، ا.، محمدی، ر.، و سینگ، س.، ۱۴۰۰. بررسی روابط بین نژادهای بومی گندم نان از خاستگاه‌های جغرافیایی سراسر ایران تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم. بوم‌شناسی کشاورزی ۱۳(۴): ۶۶۸-۶۵۳.

چکیده:

در دهه‌های اخیر، تغییرات آب و هوایی پیش‌بینی خشکسالی‌ها را در هلال مدیترانه پیچیده کرده است. بنابراین، به منابع ژنتیکی بیشتری، جهت شناسایی لاین‌هایی با ژن‌های متحمل و سازگار به شرایط خشک، نیاز است. بدین منظور ۲۴۹ نژاد بومی گندم نان ایرانی از سراسر ایران گردآوری و در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ مطالعه شدند. داده‌های مربوط به صفات فنولوژیک، مورفولوژیک و فیزیولوژیک یادداشت‌برداری گردیدند. نتایج تجزیه واریانس مرکب نامتعادل و تجزیه چند متغیره به‌ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، وجود اختلافات معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها با خاستگاه‌های جغرافیایی مختلف از نظر ویلک لمبدا (۰/۶۹، ۰/۳۹)، اثر پیلای (۰/۳۳، ۰/۸۱)، اثر لاولی هتلینگ (۰/۴۱، ۱/۱)، بزرگ‌ترین ریشه روی (۰/۳۲، ۰/۵۷) برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد نشان دادند. این حاکی از وجود تنوع بالا در جمعیت حاضر بود. هم‌چنین GT بای پلات‌ها آشکار کردند، نژادهای گندم جنوب هم زودرس و هم دارای پتانسیل عملکرد دانه بالا با سازگاری بیشتر به شرایط غیرقابل پیش‌بینی در محیط‌های نیمه خشک و محیط‌هایی با خشکی شدید بودند. یافته‌های ما نشان داد که تنوع کشف شده نقش مهمی را در توسعه ارقام جدید بازی می‌کند و می‌توان در برنامه‌های اصلاحی با هدف سازگاری به شرایط خشک به‌کار برده شوند. بنابراین، ضروری است تا دامنه وسیعی از استراتژی‌های اصلاحی را به خدمت بگیریم تا بتوانیم از تنوع حاضر در گندم نان سود ببریم، که منجر به توسعه و گسترش پایه ژنتیکی ارقام حاضر، و اصلاح ارقام جدید گندم با سازگاری بیشتر به شرایط دیم، خواهد شد.

واژه‌های کلیدی به‌نژادی، تجزیه بای پلات، ذخایر ژنتیکی

مقدمه:

اهمیت نژادهای بومی به‌عنوان منابع ژنتیکی سازگار با شرایط محلی تأکید شده است (Camacho Villa et al., 2005). در سال-های اخیر نژادهای بومی توسط سازمان‌های جهانی و مراکز پژوهشی از جمله سازمان جهانی غذا و کشاورزی[6] و مرکز مشاوره در زمینه

۱- دانشجوی دکترای ژنتیک بیومتری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان شمالی، بجنورد، ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم شیروان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، ایران.
۲- دانشیار، بخش زیست شناسی سامانه‌ها، پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرج، ایران.
۳- دانشیار، گروه اصلاح نباتات و بیوتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران.
۴- دانشیار، بخش تحقیقات غلات، معاونت موسسه تحقیقات کشاورزی دیم، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی (AREEO)، کرمانشاه، ایران.
۵- محقق گندم، برنامه منابع ژنتیکی، مرکز تحقیقات بین المللی گندم و ذرت (CIMMYT)
(*- نویسنده مسئول: (Email: S.golkari@abrii.ac.ir
Doi:10.22067/jag.v13i4.88501

۶- Food and agriculture organization

تحقیقات بین‌المللی کشاورزی[1] مورد توجه و حمایت قرار گرفته‌اند تا بتوانند ارقام جدید و برتری را به‌دلیل افزایش تهدید خشکی، آزاد نمایند. نژادهای بومی کمک می‌کنند تا راحت‌تر ترکیبات ژنتیکی مورد نیاز را برای تولید ژنوتیپ‌های جدید متحمل به تنش‌های زنده و غیر زنده در یک رقم گرد هم آوریم. این ضروری است تا درک درستی از تنوع ژنتیکی موجود در گندم‌های بدوی، گونه‌های وحشی و نژادهای بومی داشته باشیم. نگهداری و حفظ نژادهای بومی به همراه گونه‌های وحشی خویشاوند، باید یکی از الویت‌های استراتژی حفظ منابع طبیعی جهانی باقی بمانند، نژادهای بومی و گونه‌های وحشی خویشاوند می‌توانند پایه ژنتیکی بزرگی را در بلند مدت برای آینده فراهم و حفظ نمایند (Ortiz et al., 2008). یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد، توسعه و باروری در گیاهان زراعی عامل خشکی می‌باشد (Blum, 1997). یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی و یکی از اساسی‌ترین کالاها در بازار جهانی گندم می‌باشد (Curtis & Halford, 2014). بسیاری از مطالعات نشان دادند که تا سال ۲۰۵۰ تولید جهانی گندم باید به دو برابر برسد تا جوابگوی تقاضای رشد جمعیت باشد و ضروری است که الگوی خوراکی تغییر یابد و سوخت‌های زیستی مصرف شوند (Ray et al., 2013). برای اینکه کیفیت ژرم‌پلاسم حاضر را بر اساس صفات مورد نظر و مطلوب ارتقا دهیم نیاز به سطح مناسبی از تنوع ژنتیکی در مواد اصلاحی و ژرم‌پلاسم والدینی داریم که کمک به افزایش تولید و در نتیجه، بهبود تغذیه انسانی را به دنبال دارد (Singh et al., 1991). منابع ژرم‌پلاسم گیاهی به‌عنوان یک منبع غنی از تنوع ژنتیکی شناخته شده‌اند، این منابع دارای پایه ژنتیکی وسیعی برای تحقیقات ژنتیکی و اصلاحی هستند. امّا حفظ، ارزیابی و کاربرد منابع با ژرم‌پلاسم بزرگ دشوار است (Holden, 1984). بنابراین، ایجاد کلکسیون‌های کوچک‌تر (از منابع ژنتیکی وسیع، راهکاری مناسب برای کاربرد کاراتر و بهره‌گیری مؤثرتر از تنوع موجود در منابع ژنتیکی است (Van Hintum et al., 2000; Zhang et al., 2011). یکی از روش‌های کلاسیک برای برآورد تنوع ژنتیکی، که مهم و سودبخش هستند، پروسه‌های آماری چند متغیره می‌باشند که تنوع ژنتیکی و ارتباطات ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را با استفاده از شاخص‌های شباهت و عدم شباهت از نظر صفات تحت مطالعه تعیین می‌کنند (Mead et al., 2002; Nogueira et al., 2014; Ajmal et al., 2013). چنین پروسه‌هایی می‌توانند همزمان چندین اندازه‌گیری در هر فرد را تجزیه نمایند و بدون نیاز به داشتن اطلاعاتی از پیشینه ژرم‌پلاسم، آن را گروه‌بندی کنند (Ogunbodede, 1997; Mohammadi & Prasanna, 2003). ارزیابی موفقیت‌آمیز تنوع صفات مورفولوژیکی و آگرونومی در نژادهای گندم ایرانی جمع‌آوری شده از سراسر کشور و کاربرد تجزیه‌های چند متغیره می‌توانند اطلاعات سودبخشی را آشکار کنند که اجازه استفاده مؤثر نژادهای بومی گندم را در برنامه‌های اصلاحی می‌دهد. بنابراین، هدف اصلی این مطالعه (۱) برآورد تنوع فنوتیپی داخل کلکسیون نژادهای بومی گندم ایرانی به‌منظور ارزیابی ارتباطات بین نژادهای گندم که از نواحی جغرافیایی متفاوت به‌دست امده بودند. (۲) به‌دست آوردن اطلاعاتی از صفات مهم که بتوانند در برنامه‌های اصلاحی برای تولید ارقام جدید با سازگاری بالا برای شرایط تنش خشکی استفاده شوند.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و پیاده‌سازی آزمایش

کلکسیونی از ۲۴۹ نژاد بومی گندم ایرانی (جدول تکمیلی ۱) از شش خاستگاه جغرافیایی ایران از مرکز بین‌االمللی اصلاح گندم و ذرت[2] گرفته شد. آزمایش تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به‌صورت مشاهده‌ای در سال ۹۶- ۱۳۹۵ پیاده شد (آبیاری دوبار در اوایل سنبله‌دهی و نیمه رسیدن انجام گردید). بعضی نژادها در طی آزمایش از بین رفتند بنابراین، تعداد نژادهای تحت بررسی کمتر از ۲۴۹ نژاد در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم گردید. خاستگاه‌های جغرافیایی شامل شرق ایران (۵۰ نژاد گندم در شرایط آبیاری تکمیلی و ۵۴ نژاد در شرایط دیم)، غرب (۴۸ نژاد در آبیاری تکمیلی و ۲۴ نژاد در دیم)، میانه ایران (۲۷ نژاد در آبیاری تکمیلی و ۳۱ نژاد در دیم)، جنوب (۲۱ نژاد در آبیاری تکمیلی و ۲۰ نژاد در دیم) و شمال ایران (۲۶ نژاد گندم در هر دو شرایط) به همراه یک خاستگاه ناشناخته (۴۰ نژاد در آبیاری تکمیلی و ۴۹ نژاد گندم در دیم) بودند. کلکسیون جمع‌آوری شده در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرارود کرمانشاه (34° 19′N, 47° 17′E; 1351 m a.s.l) با کمترین و بیشترین دما سالیانه ۲۰ °C و ۴۵ °C ارزیابی شدند. این ایستگاه نماینده برنامه‌های اصلاحی دیم در مناطق

1- Consultative Group on International Agricultural Research centers (CGIAR)

2- International Maize and Wheat Improvement Center

معتدل و معتدل سرد می‌باشد. براساس داده‌های بلندمدت تعداد روزهای یخزدگی ۶۰ تا ۱۰۰ روز می‌باشد و میزان بارش ۴۲۵ میلی‌متر می‌باشد که ۹۰٪ آن باران و ۱۰٪ آن برف است. بذور در پلات‌های دو خطی با دو متر طول و فاصله ردیف ۲۰ سانتیمتر در یک آزمایش بدون تکرار به‌صورت مشاهده‌ای کشت شدند. میزان کود مصرفی ۵۰ کیلوگرم نیتروژن و سوپرفسفات تریپل در هر هکتار در زمان کاشت بر اساس تجزیه خاک اعمال گردید. علف‌های هرز به‌وسیله وجین دستی کنترل شدند. صفات یادداشت‌برداری شده شامل تعداد روز تا سنبله‌دهی[1]، تعداد روز تا رسیدن[2]، ارتفاع بوته[3]، طول پدانکل[4]، محتوای آب نسبی[5]، تعداد دانه در هر سنبله[6]، وزن هزار دانه[7]، شاخص برداشت[8] و عملکرد دانه[9] بودند.

تجزیه‌های آماری

داده‌های آزمایش مشاهده‌ای بر اساس تجزیه واریانس مرکب نامتعادل آنالیز شدند. دو محیط آبیاری تکمیلی و دیم برای صفات اندازه‌گیری شده با آزمون تی دو هتلینگ[10] (Hotelling, 1931) مقایسه شدند. تجزیه چند متغیره (Rencher & Christensen, 2012) برای مقایسه خاستگاه‌های جغرافیایی در هر محیط به‌کار گرفته شد. میانگین (mean) و انحراف استاندارد (SD) در هر محیط جداگانه و داخل هر خاستگاه برای هر صفت در دو محیط محاسبه شد. آماره‌های میانگین و انحراف استاندارد، نژادهای گندم را به پنج گروه طبقه‌بندی می‌کنند (۱) بین میانگین و انحراف استاندار mean ± SD (۲) کمتر از میانگین منهای انحراف استاندارد mean –SD > (۳) بیشتر از میانگین به اضافه انحراف استاندارد mean + SD < (۴) کمتر از میانگین منهای دو انحراف استاندارد mean – 2SD > (۵) بیشتر از میانگین به اضافه دو انحراف استاندارد mean + 2SD <.
تنوع فنوتیپی برای هر صفت با شاخص تنوع شانون (Shannon, 1948) برآورد گردید. این شاخص به‌صورت $H = -\sum_{i=1}^{N} Pi \ln Pi$ تعریف می‌شود. N: تعداد گروه‌های فنوتیپی، Pi: فراوانی نسبی i: مین گروه و ln: لگاریتم طبیعی می‌باشد. متوسط تنوع شانون برای k صفت به‌صورت: $H' = \sum_{i=1}^{k} Hi$ محاسبه شد. از شاخص شانون به‌طور گسترده در مطالعات ژنتیکی و اکولوژیکی در تنوع گونه‌ها و کلکسیون‌ها بهره گرفته شده است (Jaradat, 1992; Shakhatreh et al., 2010). تکنیک GT بای پلات توصیف شده توسط یان و راجکان (Yan & Rajcan, 2002) به‌کار گرفته شدند تا (۱) ارتباطات صفات داخل کلکسیون را مشخص نماییم (۲) مطالعه ارتباطات بین نژادها با خاستگاه‌های جغرافیایی متفاوت براساس ویژگی‌های نژادها. برآورد آماره تی دو هتلینگ و تجزیه چند متغیره به‌وسیله بسته‌های هتلینگ و مانوآ در نرم‌افزار آر ورژن ۳,۵,۲ صورت گرفت. از بسته جی جی ایی بای پلات در نرم‌افزار آر ورژن ۳,۵,۲ برای رسم GT بای پلات استفاده شد. تجزیه واریانس مرکب نامتعادل توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گردید.

نتایج و بحث

شرایط محیطی:

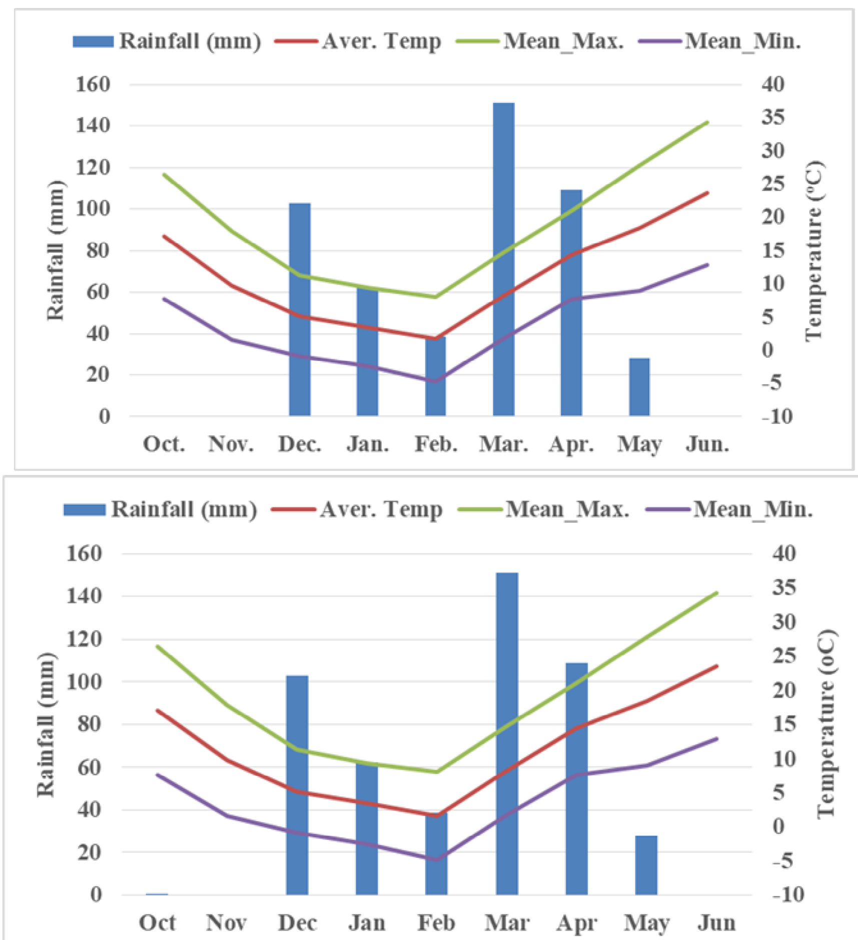
اولین بارش به‌میزان ۱۰۲ /۹ میلی‌متر در اوایل دی ۱۳۹۵ (آخر دسامبر ۲۰۱۶) (شکل ۱) رخ داد. به‌دلیل بارش اندک و توزیع نامناسب آن در فصل زراعی ۹۶ –۱۳۹۵ گیاهان با زمستانی سرد و سخت و بهاری به‌شدت خشک روبرو شدند که نتیجه آن کاهش قابل ملاحظه عملکرد دانه در شرایط دیم بود. بارش و دما در محیط‌های مدیترانه‌ای به‌آسانی قابل پیش‌بینی نمی‌باشند. این منجر به شرایط محیطی ناپایدار در طی فصل رشد و اثر متقابل بیش از حد ژنوتیپ × محیط می‌شود (Mohammadi et al., 2011). از آنجا که شرایط محیطی ناپایدار سبب اثرات متقابل شدید ژنوتیپ × محیط می‌شود، یک ژنوتیپ ممکن است در یک محیط بهترین سازگاری را نشان دهد، ولی در محیطی دیگر، بدترین سازگاری را بروز دهد (William & Mackay, 1996).

تجزیه واریانس مرکب طرح کامل تصادفی نامتعادل و تجزیه چند متغیره

نتایج تجزیه واریانس مرکب طرح کامل تصادفی نامتعادل (جدول ۱) نشان داد که اختلافات معنی‌داری بین دو شرایط تحت بررسی در

1- Days to heading (DTH)
2- Days to maturity (DTM)
3- Plant height (PH)
4- Peduncle length (PL)
5- Relative water content (RWC)
6- Number of seed per spike (NSPS)
7- 1000 kernel weight (TKW)
8- Harvest index (HI)
9- Grain yield (GY)
10- Hotelling T square

سطح احتمال یک درصد برای صفات طول پدانکل (PL)، محتوای نسبی آب (RWC)، شاخص برداشت (HI) و عملکرد دانه (GY) وجود داشت. در واقع، وجود اختلافات معنی‌دار بین دو شرایط مطالعه شده (جدول ۱) انعکاس‌دهنده شرایط محیطی متفاوتی است که سبب می‌گردد، عملکرد و دیگر صفات، ویژگی‌های متفاوتی را بروز دهند (Falconer, 1981). نتایج نشان داد که اختلافات معنی‌داری بین شش خاستگاه جغرافیایی برای صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی (DTH)، تعداد روز تا رسیدن (DTM)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS)، وزن هزار دانه (TKW) و عملکرد دانه (GY) در سطوح احتمال پنج درصد و یک درصد دیده شد (جدول ۱). این بدان معنی است که جمعیت حاضر تنوع بالایی داشته و از این تنوع می‌توان در برنامه‌های اصلاحی بهره برد. وجود ژنتیک در جمعیت‌های اصلاحی، نقش اساسی در موفقیت ارقام جدید اصلاح شده بازی می‌کند (Shukla et al., 2006). اثر متقابل شرایط × خاستگاه اختلافات معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). به‌عبارتی خاستگاه‌های جغرافیایی واکنش یکسانی در هر دو شرایط نداشتند. تجزیه‌های به‌کار برده شده در این مطالعه تنوع بالایی را بین نژادهای گندم تحت بررسی آشکار نمود. آگاهی از تنوع و وراثت‌پذیری، برای دستیابی به سود ژنتیکی از طریق گزینش، ضروری است (Vidya et al., 2002).



شکل ۱- بارش ماهانه (ستون‌ها)، میانگین، بیشینه و کمینه دما (خطها) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی سرارود طی فصل کشاورزی ۹۶- ۱۳۹۵

Fig. 1- Monthly rainfall (bars) and mean, maximum, and minimum temperatures (lines) at the Sararood agriculture research station during cropping season 2016-17

جدول ۱- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) صفات تحت بررسی در تجزیه واریانس مرکب طرح کامل تصادفی نامتعادل
Table 1- Analysis of variance (mean of squares) for investigated traits in analysis of unbalanced combined completely randomization design

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی d.f	روز تا سنبله‌دهی Days to heading	روز تا رسیدن Days to maturity	ارتفاع بوته Plant height	طول پدانکل Peduncle length	محتوای نسبی آب Relative water content	تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike	وزن هزار دانه 1000-kernel weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
شرایط Conditions (C)	1	79.00 ns	31.45 ns	342.67 ns	677.72 **	2983.83 **	110.3 ns	54.14 ns	402.74 **	110896.88 **
خاستگاه Origins (O)	5	269.88 *	68.67 *	536.30 ns	92.32 ns	63.06 ns	247.21*	236.87 *	189.93 ns	33672.03 **
C × O	5	52.09 *	9.12 ns	288.18 *	44.37 ns	44.73 ns	47.36 ns	24.09 ns	76.79 ns	1317.47 ns
خطا آزمایش Error	434	22.23	21.58	114.72	28.57	65.18	69.18	25.34	48.58	4671.23
ضریب تغییرات CV (%)		3.24	2.52	14.32	18.57	10.77	26.57	14.79	23.83	24.1

ns، ** و *: به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
ns, ** and*: non-significant and significant at 1%, 5% level of probability, respectively.

تست تی دو هتلینگ (۱۶/ ۶۸۶) اختلافات معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد بین دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم از نظر همه صفات روشن ساخت. تجزیه چند متغیره به‌ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم، وجود اختلافات معنی‌داری را بین ژنوتیپ‌ها با خاستگاه‌های جغرافیایی مختلف از نظر ویلک لمبدا (۰/۶۹، ۰/۳۹)، اثر پیلای (۰/۳۳، ۰/۸۱)، اثر لاولی هتلینگ (۰/۴۱، ۱/۱)، بزرگ‌ترین ریشه روی (۰/۳۲، ۰/۵۷) برای همه صفات در سطح احتمال یک درصد نشان داد. از تجزیه‌های چند متغیره برای برآورد تنوع در کلکسیون-ها و ژرم‌پلاسم‌ها بهره گرفته شد هم‌چنین آن‌ها استفاده شدند تا سهم مربوط به صفات در کل تنوع را، در کلکسیون‌ها مشخص نماییم (Bhatt, 1976; Broich & Palmer, 1980; Bartual et al., 1985; Ogunbodede, 1997; Ortiz et al., 1998; DeLacy et al., 2000; Dodig et al., 2012). نژادهای گندم که از خاستگاه‌های جغرافیایی متفاوتی مشتق شده بودند، دارای شباهت‌ها و تفاوت‌هایی از لحاظ صفات ارزیابی شده بودند.

کارایی نژادهای بومی در دو شرایط محیطی، شاخصی (جدول ۲) را معرفی کرد. این شاخص نشان داد که بیشتر از ۵۰٪ نژادهای بومی ارزیابی شده دارای شاخص برداشت (HI) و عملکرد دانه (GY) بالاتر از میانگین کلکسیون جمع‌آوری شده در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بودند (جدول ۲). این بدان معنی است که نژادهای گندم برتر، احتمال موفقیت بیشتری برای صفات تحت مطالعه در گزینش و برنامه‌های اصلاحی دارند. بعضی نژادها در هر دو شرایط زودرس بودند که می‌توان از آن‌ها در تولید ارقام جدید زودرس سود جست. نتایج حاصله تنوع وسیعی را بین خاستگاه‌های جغرافیایی و نژادهای گندم برای صفات تحت بررسی ثابت کرد. به خاطر مزیت زودرسی تحت شرایط خشک، از شاخص کمتر از میانگین منهای انحراف استاندارد (< mean –SD) برای صفات فنولوژیک استفاده شد. از نظر صفات فنولوژیک در شرایط آبیاری تکمیلی ۴۳/۸۷ ٪ نژادهای گندم مقادیر کمتر از میانگین منهای انحراف استاندارد (< mean –SD) را نشان دادند و در دیم ۵۵/۵۶ ٪ نژادهای گندم مقادیر کمتر از میانگین منهای انحراف استاندارد (< mean –SD) را دارا بودند، یعنی نزدیک به نصف جمعیت زودرس بودند (جدول ۲).

فراوانی نژادهای بومی نشان داد که همه خاستگاه‌ها دارای نژادهایی با ارتفاع و طول پدانکل متوسط در هر خاستگاه تحت هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم بودند. به عبارتی آن‌ها در گروه یک جای گرفتند (بین میانگین و انحراف استاندار mean ± SD). باید توجه داشت که نژادهای بومی خاستگاه شمال بیشترین درصد گیاهان (۸۵٪) با ارتفاع متوسط را در مقایسه با دیگر خاستگاه‌ها در شرایط

دیم داشتند (جدول تکمیلی ۲). از نظر تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه، نژادهای بومی شمال بیشترین درصد را دارا بودند که در گروه سوم در هر دو شرایط قرار گرفتند (آبیاری تکمیلی به‌ترتیب ۱۵٪ و ۱۹٪، دیم به‌ترتیب ۲۳٪ و ۱۵٪). این بیانگر این است که نژادهای خاستگاه شمال تعداد دانه و وزن دانه بیشتری از دیگر نژادها در خاستگاه‌های دیگر در دو شرایط محیطی داشتند (جدول تکمیلی ۲). درصد بالایی از نژادها مقادیر متوسطی برای شاخص برداشت و عملکرد دانه در همه خاستگاه‌ها در دو شرایط نشان دادند. تنها درصد اندکی از نژادهای خاستگاه شمال (۴٪) عملکرد دانه بسیار بالایی را در دیم نشان دادند. به عبارت دیگر، آن‌ها در گروه پنجم (+ mean < 2SD) قرار گرفتند. البته نتایج، اختلافات کوچکی را در شرایط آبیاری تکمیلی نشان داد. علاوه‌بر نژادهای خاستگاه شمال، مشخص شده بود که درصد اندکی از نژادهای خاستگاه شرق (۲٪)، غرب (۴٪) و میانه ایران (۴٪) عملکرد دانه بسیار بالایی تحت آبیاری تکمیلی داشتند. فراوانی نژادهای گندم نشان داد که اصلاح برای ارتفاع بوته متوسط و مقادیر بالای تعداد دانه در هر سنبله (NSPS) و وزن هزار دانه (TKW) در گندم‌های مشتق شده از خاستگاه شمال تحت شرایط آبیاری تکمیلی و دیم موفق‌تر خواهند بود. هم‌چنین نژادهای گندم نان مربوط به خاستگاه‌های جنوب و میان ایران، نشان دادند به‌منظور بهره‌برداری از صفت زودرسی در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم برای برنامه‌های اصلاحی مناسب‌تر هستند.

شاخص تنوع شانون برای صفات تحت مطالعه در شش خاستگاه محاسبه شد (جدول ۳). دامنه میانگین شاخص از ۰/۸۶ تا ۰/۹۸ در شرایط آبیاری تکمیلی و در شرایط دیم از ۰/۷۶ تا ۰/۹۳ بود. در شرایط آبیاری تکمیلی کمترین مقدار شاخص شانون برابر با ۰/۸۹ برای عملکرد دانه و بیشترین مقدار شاخص مربوط به تعداد دانه در هر سنبله برابر با ۰/۹۸ و میانگین کل آن ۰/۹۴ برآورد شد. صفت عملکرد دانه در شرایط دیم کمترین مقدار شاخص تنوع شانون ۰/۱۶ با میانگین کل ۰/۸۵ را نشان داد، شاخص تنوع شانون نشان داد که توزیع تنوع در شرایط خشک ناهماهنگ‌تر از شرایط آبیاری تکمیلی است. براساس گزارش‌ها، صفات گزینش شده اختلافاتی را نشان می‌دهند، که این اختلافات، بستگی به شرایط محیطی آن مکانی دارد که آن صفات گزینش شدند (Tambussi et al., 2005). داده‌های به‌دست آمده در شناسایی مناسب‌ترین نژادهای گندم برای پروژه‌های اصلاحی سودبخش خواهند بودند. نتایج به‌دست آمده، وجود تنوع گسترده‌ای را در بین خاستگاه‌های جغرافیایی و نژادهای گندم، برای صفات مطالعه شده ثابت کردند.

ارتباطات بین الگوهای تنوع و خاستگاه‌های جغرافیایی

به‌منظور روشن ساختن ارتباطات بین الگوی تنوع برای صفات بررسی شده و خاستگاه‌های جغرافیایی نژادهای گندم، GT بای‌پلات‌ها در هر محیط رسم شدند. گزارش‌ها حاکی از آن است که GT بای‌پلات‌ها به‌عنوان ابزار مفیدی برای تجسم داده‌ها استفاده می‌شوند تا ارتباطات بین صفات (Egesi et al., 2007; Fernandez-Aparicio et al., 2009) و ارتباطات بین نژادها (Dodig et al., 2012) را آشکار نمایند. بای‌پلت‌ها به‌وسیله داده‌هایی رسم می‌شوند که از دو مؤلفه نخست استخراج می‌شوند. بردارها از مرکز بای‌پلات به هر صفت به‌عنوان یک مارکر رسم می‌شوند تا تفسیر ارتباطات بین صفات بررسی شده را آسان نمایند. تنوع کل توجیح شده در شرایط آبیاری تکمیلی ۵۶/۵۴ ٪ و دیم ۴۳/۹۱ ٪ بود (شکل a ۲ و b ۲). یان و راج کان (Yan & Rajcan, 2002) نتیجه گرفتند که نسبت کم تنوع کل توجیح شده، نشان‌دهنده وجود پیچیدگی، در ارتباطات بین صفات می‌باشد. به‌طور کلی، الگوهای متفاوتی از همبستگی‌های صفات به‌استثنای صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی (DTH) و تعداد روز تا رسیدن (DTM) تحت دو شرایط محیطی آشکار شد. این صفات به‌وسیله بردارهایی با زاویه تند نسبت به یکدیگر به تصویر کشیده شدند که حاکی از ارتباطات نزدیک آن‌هاست. در شرایط آبیاری تکمیلی صفات تعداد روز تا سنبله‌دهی (DTH) و تعداد روز تا رسیدن (DTM) زاویه بازی با صفات شاخص برداشت (HI)، عملکرد دانه (GY)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS) و وزن هزار دانه (TKW) را نشان دادند. به عبارتی، رابطه منفی بین صفات فنولوژیک و عملکرد دانه و اجزای آن وجود داشت. روند مشابهی در شرایط دیم مشاهده شد. چنین نتیجه‌ای توسط محمدی و امری (Mohammadi & Amri, 2013) گزارش شد. براساس صفات مطالعه شده، شرایط آبیاری تکمیلی تمایز بیشتری را در نژادهای گندم، در مقایسه با شرایط دیم قایل شد. به‌طوری‌که نژادهای گندم به‌طور متمایزتری توسط بای‌پلات، تحت شرایط آبیاری تکمیلی جدا شدند (شکل a ۲ و b ۲).

جدول ۲- درصد نژادهای گندمی که از میانگین کلکسیون برتر بودند و تعداد نژادهای گندمی که بیشتر از میانگین به اضافه دو انحراف استاندارد mean + 2SD و کمتر از میانگین منهای دو انحراف استاندارد mean – 2SD برای هرصفت، در دو شرایط مطالعه شده بودند

Table 2- Percentage of Iranian wheat landraces better than the core collection mean and number of the landraces better than the core collection mean + 2 s.d. (or mean – 2 s.d.), for each studied trait during two studied conditions

	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation		دیم Rain-Fed	
	%< mean	%< mean-2SD	%< mean	%< mean-2SD
روز تا سنبله‌دهی Days to heading	50.94	0.47	49.57	0.00
روز تا رسیدن Days to maturity	43.87	1.89	55.56	0.00

	آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation		دیم Rain-Fed	
	%> mean	%> mean+2SD	%> mean	%> mean+2SD
ارتفاع بوته Plant height	56.13	0.47	53.42	2.14
طول پدانکل Peduncle length	52.83	2.36	51.71	2.56
محتوای نسبی آب Relative water content	50.00	1.89	58.97	3.85
تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike	48.11	2.36	49.57	2.56
وزن هزار دانه 1000-kernel weight	47.17	3.30	49.57	1.28
شاخص برداشت Harvest index	57.08	0.00	55.13	2.99
عملکرد دانه Grain yield	51.42	2.36	50.43	2.99

درصد افراد کمتر از میانگین = mean >%، درصد افراد کمتر از میانگین منهای انحراف استاندارد= mean –SD >%، درصد افراد بیشتر از میانگین = mean <%، درصد افراد بیشتر از میانگین منهای انحراف استاندارد= – mean <% SD

Percentage of people below average =% <mean, percentage of people below average minus standard deviation =% <mean –SD, percentage of people above average =%> mean, percentage of people above average minus standard deviation =%> mean –SD

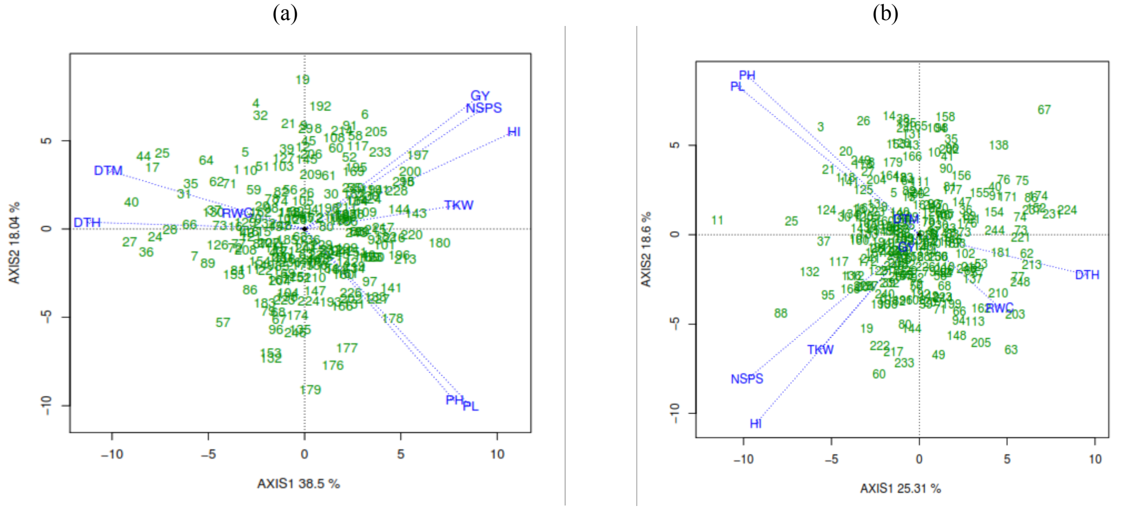
جدول ۳- شاخص تنوع شانون (H) برای نه صفت اندازه‌گیری شده در نژادهای بومی گندم نان در هر خاستگاه در شرایط آبیاری تکمیلی (IR) و دیم (RF)

Table 3- Shannon's diversity index (H) of nine characters of Iranian bread wheat landraces by origins under supplemental irrigation (IR) and rain-fed (RF) conditions separately

آبیاری تکمیلی Supplemental irrigation (IR)	شاخص شانون Shannon's diversity index (H)									
خاستگاه Origin	**روز تا سنبله‌دهی Days to heading**	**روز تا رسیدن Days to maturity**	**ارتفاع بوته Plant height**	**طول پدانکل Peduncle length**	**محتوای نسبی آب Relative water content**	**تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike**	**وزن هزار دانه 1000-kernel weight**	**شاخص برداشت Harvest index**	**عملکرد دانه Grain yield**	**میانگین± خطای استاندارد Mean ± SE**
ناشناخته Unknown	0.97	1.10	1.02	0.98	0.95	1.06	0.97	0.92	0.82	0.98 ± 0.03
شرق East	0.90	0.88	1.03	0.98	0.97	0.97	1.01	0.85	0.95	0.95 ± 0.02
غرب West	0.96	1.00	0.90	0.91	1.05	1.04	0.95	1.02	1.02	0.98 ± 0.02
میان Middle	0.99	0.93	0.94	0.87	1.01	0.94	0.85	0.87	0.99	0.93 ± 0.02
جنوب South	0.63	1.04	0.78	0.98	0.65	0.85	1.07	1.01	0.74	0.86 ± 0.06
شمال North	1.09	0.83	0.87	0.83	1.01	1.01	0.97	0.96	0.83	0.93 ± 0.03
میانگین Average	0.92	0.96	0.92	0.93	0.94	0.98	0.97	0.94	0.89	0.94 ± 0.01

Continue table 3. ادامه جدول ۳

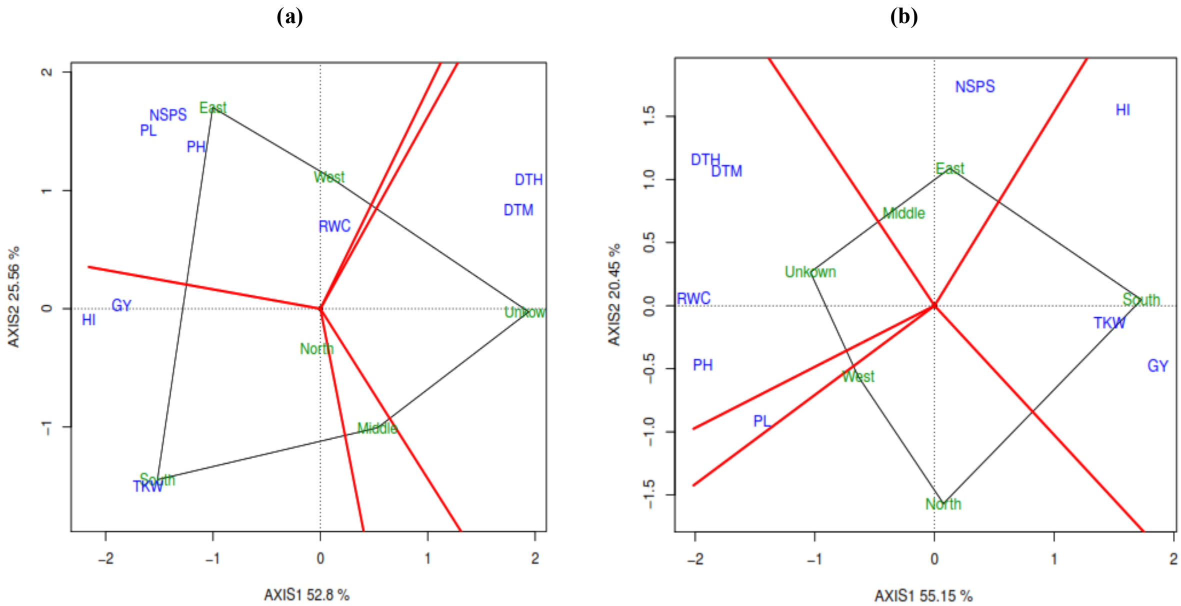
دیم Rain-fed (RF)	شاخص شانون Shannon's diversity index (H)									
خاستگاه Origin	**روز تا سنبله‌دهی Days to heading**	**روز تا رسیدن Days to maturity**	**ارتفاع بوته Plant height**	**طول پدانکل Peduncle length**	**محتوای نسبی آب Relative water content**	**تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike**	**وزن هزار دانه 1000–kernel weight**	**شاخص برداشت Harvest index**	**عملکرد دانه Grain yield**	**میانگین ± خطای استاندارد Mean ± SE**
ناشناخته Unknown	1.02	0.72	0.95	1.09	0.96	1.14	0.89	0.99	0.00	0.86 ± 0.11
شرق East	0.78	0.89	0.97	0.98	1.00	1.07	0.90	1.04	0.00	0.85 ± 0.11
غرب West	0.81	0.86	1.04	0.91	0.97	0.95	1.01	0.89	0.00	0.83 ± 0.11
میان Middle	0.89	1.08	0.96	0.98	0.96	0.91	0.89	0.98	0.00	0.85 ± 0.11
جنوب South	0.80	0.73	0.95	0.88	0.97	0.73	0.95	0.82	0.00	0.76 ± 0.10
شمال North	1.03	1.06	0.71	1.08	0.87	0.87	0.88	0.89	0.96	0.93 ± 0.04
میانگین Average	0.89	0.89	0.93	0.99	0.96	0.95	0.92	0.94	0.16	0.85 ± 0.08



شکل ۲- GT بای‌پلات برای ارتباطات بین صفات نژادهای گندم ایرانی تحت شرایط آبیاری تکمیلی (a) و دیم (b)

Fig. 2- GT-Biplot showing relationships among traits of Iranian bread wheat landraces under supplemental irrigation (a) and rain-fed (b) conditions

با استفاده از چند ضلعی می‌توان دید بهتری از صفات و خاستگاه‌های جغرافیایی مختلف در هر دو شرایط محیطی داشت (شکل ۳ a و ۳ b). تنوع کل توجیح شده توسط بای‌پلات به‌ترتیب در شرایط آبیاری تکمیلی و دیم به‌ترتیب ۷۸/۳۶ ٪ و ۷۵/۶۰ ٪ بود. بر اساس بای‌پلات (شکل ۳ a و ۳ b) نژادهای گندم با خاستگاه‌های مختلف در پنج گروه در هر دو شرایط محیطی توزیع شدند. در شرایط آبیاری تکمیلی، اولین گروه شامل نژادهایی از خاستگاه ناشناخته بودند که از مقادیر بالایی برای صفات فنولوژیک و مقادیر اندکی برای عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI) و وزن هزار دانه (TKW) برخوردار بودند. این گروه به‌عنوان گروه دیررس در نظر گرفته شدند. گروه دوم شامل هیچ نژاد گندمی از هیچ حاستگاه نبود. گروه سوم شامل نژادهای گندمی از شرق و غرب ایران شد. این گروه مقادیر بالاتری را برای صفات مورفولوژیک از جمله ارتفاع بوته (PH)، تعداد دانه در هر سنبله (NSPS) و طول پدانکل (PL) دارا بود. نژادهای گندم از خاستگاه جنوب در چهارمین گروه قرار گرفتند. این گروه از مقادیر بالایی برای عملکرد دانه و اجزای آن برخوردار بودند. بنابراین، آن‌ها به‌عنوان منبعی برای عملکرد و اجزای عملکرد بالا شناخته شدند. آخرین گروه شامل نژادهایی از خاستگاه میانه ایران بودند که هیچ مشخصه قابل توجهی را نشان ندادند. (شکل ۳ a). در شرایط دیم، گروه نخست شامل نژادهایی از خاستگاه ناشناخته با مقادیر بالایی برای ارتفاع بوته (PH)، محتوای نسبی آب (RWC) و نیز صفات فنولوژیک بود. نژادهای گندم از خاستگاه‌های شرق و میانه ایران در گروه دوم قرار گرفتند، این گروه از مقادیر بالای تعداد دانه در هر سنبله (NSPS) برخوردار بودند. گروه سوم شامل نژادهایی از خاستگاه جنوب با عملکرد دانه (GY)، وزن هزار دانه (TKW) و شاخص برداشت (HI) بالاتر بودند. نژادهای خاستگاه غرب و شمال در گروه چهارم جای گرفتند که هیچ صفت قابل توجهی را نشان ندادند. گروه آخر شامل هیچ نژاد گندمی از هیچ حاستگاه نبود (شکل ۳ b). نژادهای خاستگاه جنوب از لحاظ عملکرد دانه (GY)، وزن هزار دانه (TKW) و شاخص برداشت (HI) در هر دو شرایط برتر بودند. بنابراین، آن‌ها به‌عنوان منبعی برای عملکرد دانه بالا و اجزای آن شناخته شدند. این بدان مفهوم است که آن‌ها سازگاری بیشتری به موقعیت‌های غیرقابل پیش‌بینی در شرایط نیمه خشک (آبیاری تکمیلی) و خشکی شدید (دیم) داشتند. اطلاعات به‌دست آمده در شناسایی مناسب‌ترین نژادهای بومی گندم برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی، سودبخش خواهند بود.

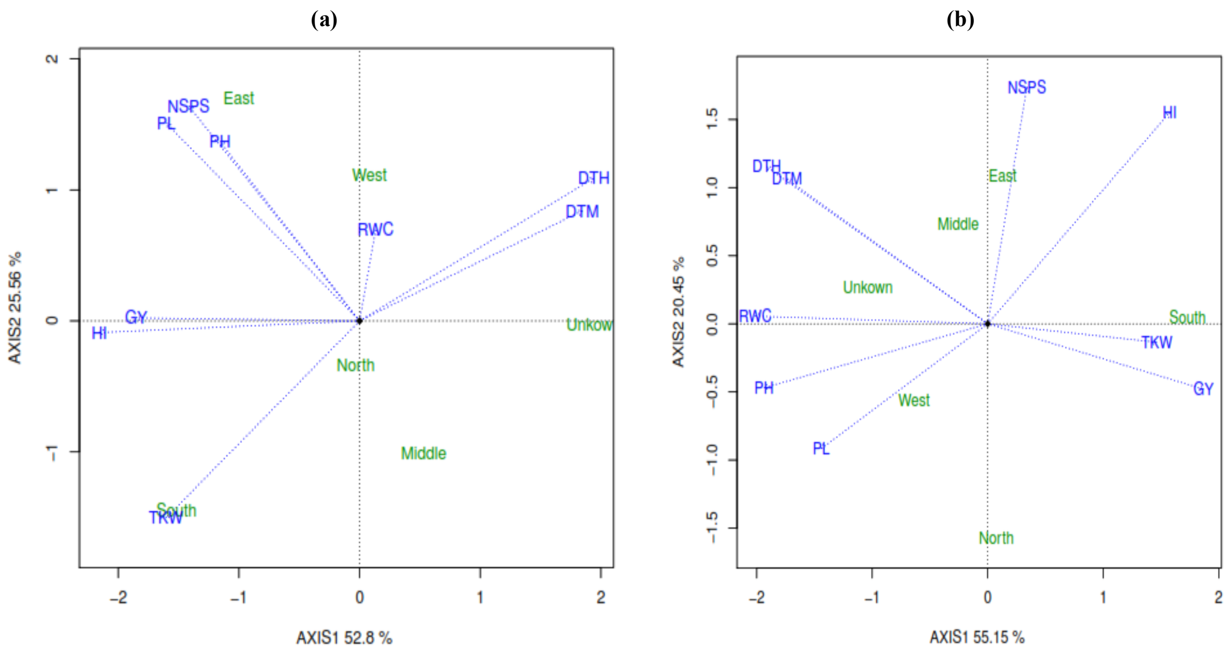


شکل ۳- الگوی کدوم، کجا برنده می‌شود برای نژادهای گندم نان ایرانی از خاستگاه‌های جغرافیایی مختلف براساس نه صفت بررسی شده تحت شرایط آبیاری تکمیلی (a) و دیم (b)

Fig. 3- Which wins where pattern of Iranian bread wheat landraces from different geographical origins based on 9 traits under supplemental Irrigation (a) rain-fed (b) conditions

GT بای‌پلات‌ها استفاده می‌شوند تا ارتباطات بین صفات اندازه‌گیری شده در نژادهای تحت بررسی را تفسیر و نشان دهند. همبستگی‌های مثبتی بین صفات فنولوژیک در هر دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم (شکل ۴ a و ۴ b) مشاهده شد. زاویه باز بین بردارها نشان داد که بین عملکرد دانه و اجزای آن با صفات فنولوژیک رابطه منفی وجود داشت (شکل ۴ a و ۴ b). فاصله بین ژنوتیپ و مرکز بای‌پلات حاکی از این است که چقدر یک ژنوتیپ، می‌تواند از میانگین ژنوتیپ‌ها یا از یک ژنوتیپ فرضی براساس صفات تحت مطالعه، متفاوت باشد (Yan & Fregeau-Reid, 2008). در این مطالعه نژادهای گندم از خاستگاه‌های شرق، غرب، ناشناخته، جنوب و میان ایران فاصله بلندی را تا مرکز بای‌پلات در مقایسه با نژادهای گندم خاستگاه شمال، تحت شرایط آبیاری تکمیلی نشان دادند (شکل ۴ a). در شرایط دیم، نژادهای خاستگاه جنوب و شمال دارای بیشترین فاصله از مرکز بای‌پلات بودند (شکل ۴ b). شرایط محیطی مانند آب و هوا و خاک اثرات حیاتی بر روی راندمان گیاه دارند یعنی شرایط رشدی گیاه و خاستگاه گیاه در عملکرد محصول مؤثرند و نژادهای گندم نیز از این قانون مستثنی نیستند (Belay et al., 1995; Tesemma et al., 1998). نتایج بای‌پلات اختلافات معنی‌داری را بین نژادهای گندم از خاستگاه جنوب و نژادهای دیگر از خاستگاه‌ها جغرافیایی دیگر، برای صفات عملکرد دانه (GY)، وزن هزار دانه (TKW) و شاخص برداشت (HI) در هر دو شرایط محیطی نشان داد.

نژادهای گندمی که از لحاظ سنبله‌دهی و رسیدگی زودرس بودند به‌عنوان نژادهای متحمل به شرایط کم آبی در مناطق نیمه خشک تشخیص داده شدند (Blum et al., 1989). در این مطالعه نژادهای خاستگاه جنوب، مراحل فنولوژیک کوتاه‌تری را در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم دارا بودند (جدول ۴).



شکل ٤- ارتباطات بین صفات مطالعه شده در نژادهای گندم ایرانی از خاستگاه‌های جغرافیایی مختلف تحت شرایط آبیاری تکمیلی (a) و دیم (b)

Fig. 4- Relationships among studied traits based on Iranian wheat landraces from different geographical origins under supplemental Irrigation (a) rain-fed (b) conditions

جدول ٤- میانگین صفات در هر خاستگاه جغرافیایی تحت شرایط تکمیلی (IR) و دیم (RF)

Table 4- Mean traits in geographic origins separately under supplemental irrigation (IR) and rain-fed conditions (RF)

	ناشناخته Unknown		شرق East		غرب West		میان Middle	
صفات Traits	آبیاری تکمیلی IR	دیم RF	آبیاری تکمیلی IR	دیم RF	آبیاری تکمیلی IR	دیم RF	آبیاری تکمیلی IR	دیم RF
روز تا سنبله‌دهی Days to heading	148.23	147.00	144.00	146.00	146.35	145.72	144.41	146.23
روز تا رسیدن Days to maturity	186.30	184.63	184.84	184.04	184.96	184.48	185.78	185.10
ارتفاع بوته Plant height (cm)	70.73	75.14	79.19	74.84	76.23	76.60	74.05	72.15
طول پدانکل Peduncle length (cm)	27.88	27.48	32.13	27.85	30.97	28.39	28.99	26.31
محتوای نسبی آب Relative water content	78.99	74.03	78.42	71.11	77.65	73.25	76.52	72.72
تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike	28.78	31.59	33.83	34.05	31.90	30.75	27.70	30.96
وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)	32.35	30.68	34.48	33.84	33.09	33.93	35.94	35.95
شاخص برداشت Harvest index	24.35	29.43	29.42	31.56	29.12	29.50	26.77	30.60
عملکرد دانه Grain yield ($kg.ha^{-1}$)	2759.50	2612.56	3300.67	2691.70	2920.12	2683.66	3055.70	2535.56

صفات Traits	جنوب South آبیاری تکمیلی IR	 دیم RF	شمال North آبیاری تکمیلی IR	 دیم RF
روز تا سنبله‌دهی Days to heading	139.48	142.90	143.81	143.81
روز تا رسیدن Days to maturity	182.14	182.95	183.81	183.23
ارتفاع بوته Plant height (cm)	72.94	65.46	77.62	75.35
طول پدانکل Peduncle length (cm)	29.84	25.59	29.79	28.21
محتوای نسبی آب Relative water content	78.23	70.43	76.28	71.46
تعداد دانه در هر سنبله Number of seed per spike	30.84	31.65	29.64	30.04
وزن هزار دانه 1000-kernel weight (g)	38.19	35.68	35.14	34.66
شاخص برداشت Harvest index	31.84	31.73	28.22	29.06
عملکرد دانه Grain yield (kg.ha^{-1})	3293.71	2893.00	2807.12	2692.59

نتیجه‌گیری

نژادهای گندم جنوب هم زودرس و هم دارای پتانسیل عملکرد دانه بالایی بودند. هم‌چنین سازگاری بیشتری به شرایط غیرقابل پیش‌بینی در محیط‌های نیمه خشک (آبیاری تکمیلی) و محیط‌هایی با خشکی شدید (دیم) نشان دادند. در این پژوهش ما نژادهای جمع‌آوری شده گندم را، از لحاظ تحمل به خشکی در دو شرایط آبیاری تکمیلی و دیم ارزیابی نمودیم و توانستیم نژادهایی که به شرایط خشک متحمل هستند، با توجه به خاستگاه‌های جغرافیایی متفاوت آن‌ها، تشخیص دهیم (جدول ۴). بای‌پلات‌ها مقایسه‌های بین نژادهای گندم و گزینش نژادهای برتر را را آسان ساختند. نتایج نشان دادند زودرسی به‌عنوان مهم‌ترین صفت فنولوژیک بر روی عملکرد دانه در هر دو شرایط اثر می‌گذارد. نژادهای گندم جنوب می‌توانند به‌عنوان منابعی با ارزش بالا برای استفاده در برنامه‌های اصلاحی معرفی شوند تا ارقام جدیدی، با عملکرد بالا تحت شرایط محیطی سخت غیرقابل پیش‌بینی اصلاح و تولید کنیم. نژادهای بومی بررسی شده تنوع بالایی را برای صفات مهم از جمله عملکرد دانه (GY)، شاخص برداشت (HI) و وزن هزار دانه (TKW) و زودرسی نشان دادند که به احتمال زیاد یک بخشی از تنوع در نژادهای گندم می‌باشد. بنابراین، این پژوهش مشخص کرد دلایلی را، تا یک چنین منبع ژنتیکی با ارزش و با پتانسیل بالایی، نگهداشته و به‌کار گرفته شود. این ضروری است تا دامنه وسیعی از استراتژی‌های اصلاحی را به خدمت بگیریم تا بتوانیم از تنوع حاضر در گندم نان سود ببریم، که منجر به توسعه و گسترش پایه ژنتیکی ارقام حاضر، و اصلاح ارقام جدید گندم با سازگاری بیشتر به شرایط دیم، خواهد شد.

References

Ajmal, S.U., Minhas, N.M., Hamdani, A., Shakir, A., Zubair, M., and Ahmed, Z., 2013. Multivariate analysis of genetic divergence in wheat (*Triticum aestivum*) germplasm. Pakistan Journal of Botany 45: 1643-1648.

Bartual, R., Carbonell, E.A., and Green, D.E., 1985. Multivariate analysis of a collection of soybean cultivars for southeastern Spain. Euphytica 34: 113–123.

Belay, G., Tesemma, T., Bechere, E., and Mitiku, D., 1995. Natural and human selection for purple-grain tetraploid wheats in the Ethiopian highlands. Genetic Resources and Crop Evolution 42: 387–391.

Bhatt, E., 1976. An application of multivariate analysis to selection for quality characters in wheat. Australian Journal

of Agricultural Research 27: 11–18.
Broich, S.L., and Palmer, R.G., 1980. A cluster analysis of wild and domesticated soybean phenotypes. Euphytica 29: 23–32.
Blum, A., 1997. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. Plant Growth Regulation 20:135-148.
Blum, A., Golan, G., Mayer, J., Sinmena, B., Shpiler, L., and Burra, J., 1989. The drought response of landraces of wheat from the northern Negev desert in Israel. Euphytica 43: 87–96.
Curtis, T., and Halford, N.G., 2014. Food security: the challenge of increasing wheat yield and the importance of not compromising food safety. Annals of Applied Biology 164: 354-372.
Egesi, C.N., Ilona, P., Ogbe, F.O., Akoroda, M., and Dixon, A., 2007. Genetic variation and genotype × environment interaction for yield and other agronomic traits in cassava in Nigeria. Agronomy Journal 99: 1137–1142.
Falconer, D.S., 1981. Introduction to Quantitative Genetics. 2nd Edition. London: Longman Group Ltd., pp. 1-133.
Fernandez-Aparicio, M., Flores, F., and Rubiales, D., 2009. Field response of *Lathyrus cicera* germplasm to crenate broomrape (*Orobanche crenata*). Field Crops Research 113: 321–327.
Fisher Box, J., 1987. Guinness, gosset, fisher, and small samples. Statistical Science 2: 45–52.
Holden, J.H.W., 1984. The second ten years. In: Holden J.H.W., Williams J.T., (Eds.). Crop Genetic Resources: Conservation and Evaluation. London: George Allen and Unwin, pp. 177-185.
Hotelling, H., 1931. The generalization of student's ratio. Annals of Mathematical Statistics 2: 360–378.
Jaradat, A.A., 1992. Breeding potential of durum wheat landraces from Jordan. I. Phenotypic diversity. Hereditas 116: 301–304.
Mead, R., Curnow, R.N., and Hasted, A.M., 2002. Statistical methods in agriculture and experimental biology. 3rd edition. Texts in Statistical Science Series. London: Chapman and Hall/CRC, pp. 406–418.
Mohammadi, R., and Amri, A., 2013. Phenotypic diversity and relationships among a worldwide durum wheat (*Triticum turgidum* L. var. durum) germplasm collection under rainfed conditions of Iran. Crop and Pasture Science 64**:** 87–99.
Mohammadi, S.A., and Prasanna, B.M., 2003. Analysis of genetic diversity in crop plants—salient statistical tools and considerations. Crop Science 43: 1235–1248.
Mohammadi, R., Sadeghzadeh, D., Armion, M., and Amri, A., 2011. Evaluation of durum wheat experimental lines under different climate and water regime conditions of Iran. Crop and Pasture Science 62: 137–151.
Nogueira, A.M., Ferreira, M.F.S., Guilhen, J.H.S., and Ferreira, A., 2014. Multivariate analysis in a genetic divergence study of *Psidium guajava*. Genetics and Molecular Research: GMR 13: 10657-10668.
Ogunbodede, B.A., 1997. Multivariate analysis of genetic diversity in Kenaf, *Hibiscus cannabinus* (L.). African Crop Science Journal 5: 127–134.
Ortiz, R., Braun, H.J., Crossa, J., Crouch, J.H., Davenport, G., Dixon, J., Dreisigacker, S., Duveiller, E., Huerta-Espino, J., Joshi, A.K., Kishii, M., Kosina, P., Manes, Y., Mezzalama, M., Morgounov, A., Murakami, J., Nicol, J., Ortiz-Ferrara, G., Ortiz-Monasterio, J., Payne, T.S., Javier Peña, R., Reynolds, M.P., Sayre, K.D., Sharma, R.C., Singh, R.P., Wang, J., Warburton, M., Wu, H., and Iwanaga, M., 2008. Wheat genetic resources enhancement by the international maize and wheat improvement center (CIMMYT). Genetic Resources and Crop Evolution 55: 1095–1140.
Ortiz, R., Madsen, S., and Vuylsteke, D., 1998. Classification of African plantain landraces and banana cultivars using a phenotypic distance index of quantitative descriptors. Theoretical and Applied Genetics 96: 904–911.
Ray, D.K., Mueller, N.D., West, P.C., and Foley, J.A., 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. PLOS ONE 8: e66428.
Rencher, A.C., and Christensen, W.F., 2012. Methods of Multivariate Analysis. 3rd edition. New Jersey, USA: John Wiley and Sons.
Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal 27: 379–423.
Shukla, S., Bhargava, A., Chatterjee, A., Srivastava, A., and Singh, S.P., 2006. Genotypic variability in vegetable amaranth (*Amaranthus tricolor* L.) for foliage yield and its contributing traits over successive cuttings and years. Euphytica 151: 103–110.
Singh, S.P., Nodari, R., and Gepts, P., 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: I. Allozymes. Crop Science 31: 19–23.
Taehoon, K., 2015. T test as a parametric statistic. Korean Journal of Anesthesiology 68: 540–546.

Tambussi, E.A., Nogues, S., and Araus, J.L., 2005. Ear of durum wheat under water stress: Water relations and photosynthetic metabolism. Planta 221: 446–458.

Tesemma, T., Tsegaye, S., Belay, G., Bechere, E., and Mitiku, D., 1998. Stability of performance of tetraploid wheat landraces in the Ethiopian highland. Euphytica 102: 301–308.

Van Hintum, T.H.L.J., Brown, A.H.D., Spillane, C., and Hodgkin, T., 2000. Core collections of plant genetic resources. Ipgri Technical Bulletin 3: 1-48.

Vidya, C., Oommen, S.K., and Kumar, V., 2002. Genetic variability and heritability of yield and related characters in yard-long bean. Journal of Tropical Agriculture 40: 11–13.

Villa, T.C.C., Maxted, N., Scholten, M.A., and Ford-Lloyd, B.V., 2005. Defining and identifying crop landraces. Plant Genetic Resources 3: 373–384.

William, G.H., and Mackay, T.F.C., 2004. D.S. falconer and introduction to quantitative genetics. Genetics 167(4): 1529-1536.

Yan, W., and Rajcan, I., 2002. Biplot analysis of test sites and trait relations of soybean in Ontario. Crop Science 42: 11–20.

Yan, W., and Frégeau-Reid, J., 2008. Breeding line selection based on multiple traits. Crop Science 48: 417–423.

Zhang, H., Zhang, D., Wang, M., Sun, J., Qi, Y., Li, J., Wei, X., Han, L., Qiu, Z., Tang, S., and Li, Z., 2011. A core collection and mini core collection of *Oryza sativa* L in China. Theoretical and Applied Genetics 122: 49–61.

Journal of Agroecology
Vol. 13, No.4, Winter 2022, p. 653-668

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۳، شماره ۴، زمستان ۱۴۰۰، ص ۶۶۸-۶۵۳

Study on Relationships among Bread Wheat Landraces from Geographical Origins across Iran under Supplemental Irrigation and Rain-Fed Conditions

H. Hatamzadeh[1], S. Golkari[2*], I. Bernousi[3], and R. Mohammadi[4] and S. W. Singh[5]

Submitted: 07-09-2020
Accepted: 30-12-2020

Hatamzadeh, H., Golkari, S., Bernousi, I., Mohammadi, R., and Singh, S. W., 2022. Study on relationships among bread wheat landraces from geographical origins across Iran under supplemental irrigation and rain-fed conditions. Journal of Agroecology 13(4):653-668.

Introduction

Wheat is one of the most important crops worldwide and one of the most essential commodity in the global market. Many studies showed that it is necessary to increase global wheat production double before 2050 in order to meet the growing demands of the population, changing diets and consuming biofuels. In recent decades, climate changes have complicated the prediction of drought frequency and extent in the Mediterranean Basins. Therefore, more genetic sources are needed to identify lines carrying genes for tolerance and adaptation to drought conditions. One of the most important factors limiting growth, development, and productivity of crops is drought. Landraces breeds have become particularly important as genetic resources adapted to local conditions. An appropriate level of genetic variability in breeding materials and parental germplasm is vital for generating improved germplasm with desired traits that help to increase crop production and thus improve human nutrition. Landraces may facilitate to capture genetic recombination required for creating new genotypes tolerant to biotic and abiotic stresses. It is necessary to comprehend well the available genetic variation in primitive wheat, wild species, and landraces.

Materials and Methods

A core collection of 249 bread wheat landraces throughout Iran which belong to six different geographic origins were studied under supplemental irrigation and rainfed conditions at Sararood Agricultural Research Station in Kermanshah during 2016-17 growing seasons. Phonological, morphological and physiological traits were scored including days to heading (DTH), days to maturity (DTM), plant height (PH), peduncle length (PL), relative water content (RWC), number of seed per spike (NSPS), 1000 kernel weight (TKW), harvest index (HI), and grain yield (GY). Phonological, morphological and physiological traits were analyzed based on unbalanced combined completely randomization design. Two environments of supplemental irrigation and rain-fed were compared based on Hotelling T square test for the measured traits and multivariate analysis was also used to compare geographic origins in each environment separately. Shannon's index is employed to investigate diversity in germplasm and was utilized GT-bi-plot technique in order to depict relationships among diversity pattern for investigated traits and geographical origins of Iranian landraces.

Results and Discussion

1- Ph.D. Student in Biometrical Genetic, Shirvan Dryland Agricultural Research Station, North Khorasan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shirvan, Iran.
2- Associate Professor, System Biology Department, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, AREEO, Karaj, Iran.
3- Associate Professor, Department of Plant Breeding and Biotechnology, Faculty of Agriculture, Urmia University, Urmia, Iran.
4- Associate Professor, Cereal Research Department, Dryland Agricultural Research Institute, AREEO, Kermanshah, Iran.
5- Wheat scientist, Genetic Resources program, CIMMYT.
(* Corresponding author: S.golkari@abrii.ac.ir)
Doi:10.22067/jag.v13i4.88501

The results of unbalanced analysis of combined variation and multivariate analyses revealed significant differences among geographical origins of Iran. Multivariate analysis showed significant differences among genotypes with different geographic origins in terms of Wilks' lambda (0.69, 0.39), Pillai's trace (0.33, 0.81), Hotelling-Lawley trace (0.41, 1.1), and Roy's greatest root (0.32, 0.57) for all traits at 1% probability level in supplemental irrigation and rainfed conditions, respectively. It means that the present population had high variegation. The results of bi-plot depicted significant differences between south geographic origins landraces and other geographic origins landraces for GY, HI, and TKW under the both supplemental irrigation and rainfed conditions. GT bi-plots revealed that the south landraces were early in flowering with high GY potential and also they indicated more compatibility to unpredictable situations in medium drought (supplemental irrigation) and severe drought (rainfed) conditions. The results indicated earliness (short DTM) as the most important phonologic trait affecting GY under rainfed conditions. South landraces can be suggested as highly valuable resources for using in breeding programs to develop new high yielding cultivars under unpredictable harsh environmental conditions. The examined Iranian wheat landraces showed high variations for important traits including GY, HI, TKW and earliness.

Conclusion

Our finding indicated that the explored variation play an important role in developing new cultivars and may be used in breeding programs aiming for adaptation to drought conditions. It is necessary to use a wide range of breeding strategies in order to gain present diversity in bread wheat which will lead to the expansion of the genetic basis of current cultivars and improvement of new wheat cultivars adapted to dryland conditions.

Keywords: Bi-plot analysis, Breeding, Genetic resources